GROSENBAUGHの求積式の適用

宮崎大学農学部　飯塚　寛
長崎県信用農協連合会　馬場秀登

1. まえがき

GROSENBAUGHは,幹材積をV，樹幹上で梢端から根元に向う直径の一定の増加分をT，直径がTだけ増加するときの各区分の長さをL、各区分の末口径を直径の増加Tのx倍とするとき，

$$V=\frac{\pi}{4}T^2\left[\Sigma x^2L+\Sigma xL+\frac{\Sigma L}{K}\right]$$

1)，2)

という求積式を，1954年に発表した。ただし，Kは幹形について想定される幾何学的立体に対応する定数で，放物線体の場合にK＝2，円錐体の場合にK＝3である。また，xは整数であって，梢端部から順に，0，1，2，……である。

本報告は，このGROSENBAUGHの求積式を適用して計算される幹材積を，HOHENADLの等相対長区分求積式，RIECKE式を応用した等相対長区分求積式および望高法による幹材積のそれぞれの計算結果と比較し，併せて，特定の末口径までの断面高を，胸高直径および樹高による重回帰式にもとづいて推定することを試みたものである。なお，直径増加分Tの大きさは，2cm，3cm，4cmおよび6cmの4種類とし，またRIECK式においては，$d_{1.0}$の代りに$d_{0.9}$を使用した。

資料は，宮崎大学農学部附属田野演習林，8林班に小班の63年生ヒノキ林分の直営生産現場において，1979年8月から9月にかけて，伐倒木の100本について測定したものである。種々な便宜を計って下さった演習林職員各位，および協同で測定にあたった専攻学生小田久人，村上元三，中尾忠規および吉野大二の各氏に，心から感謝する次第である。

2. 幹材積の計算値の比較

資料の胸高直径，樹高および幹材積の範囲は，それぞれ12.3～41.0cm，9.55～24.55mおよび0.0584～1.4057m³である。そして，比較すべき求積方法は，GROSENBAUGH式について8種類，HOHENADL式，RIECKE式および望高法の，合計11種類である。

まず，HOHENADL式による計算値を1.0000とし，この他の10種類の方法による幹材積を，それぞれ，これに対する相対的幹材積に変換した。相対的幹材積の平均値は，HOHENADL式，RIECKE式および望高法では，1.0000，0.9947および1.0321である。GROSENBAUGH式による8種類の方法の各平均値を，表−1に示す。

表−1　GROSENBAUGH式の相対的幹材積の平均値

T	2cm	3	4	6
K＝2	1.0313	1.0388	1.0528	1.0860
K＝3	1.0269	1.0297	1.0384	1.0555

表−2　分散分析表

	平方和	自由度	平均平方	分散比
処理	0.63339	10	0.06334	32.38
(対照対処理	0.16402	1	0.16402	83.86
処理間	0.46937	9	0.05215	26.66
反復	4.68498	99	0.04732	24.19
誤差	1.93639	990	0.00196	
全体	7.25476	1,099		

処理に高度な有意の差が認められるので，最小有意差（LSD）を計算すれば，3)

$$LSD=1.982\times\sqrt{0.00196}\times\sqrt{2/100}$$
$$=0.01241$$

である。

したがって，HOHENADL式の幹材積を基準にとるとき，$d_{1.0}$に$d_{0.9}$を代入したRIECKE式の相対的幹材積は，この基準と有意な差を示すとは認められない。しかし，望高法による場合は，約3％程大きく計算されている。また，GROSENBAUGH式による場合は，基準の幹材積よりも約3～9％程大きく，予想されることではあるが，直径増加分の刻みが大きくなるにつれて，その隔りも大きくなる傾向がある。直径増加分が2～3cmの場合，放物線体または円錐体の想定の間に差は認められないが，4～6cmの場合は，放物線体の想定において，より大きな幹材積が計算される。

3. 特定の末口径の断面高の推定

前述の4種類の直径増加分のうち，4cmの場合について，末口径4cm，8cm，12cmおよび16cmの4種類の断面高，胸高直径および樹高の関係を調査した。

2cm括約の胸高直径階における樹高と断面高の間の相関係数を表－3に，1m括約の樹高階における胸高直径と断面高の間の相関係数を表－4に示す。

表－3 森高と各末口径の断面高の相関係数

胸高直径＼末口径	4cm	8	12	16	本数
16cm	0.943	0.893	0.264	－	17
20	0.974	0.936	0.774	0.249	18
22	0.991	0.992	0.839	0.484	17

なお，樹高の範囲は，胸高直径階16cmにおいて10.6～15.8m，20cmにおいて11.7～18.1m，22cmにおいて12.0～17.1mである。表－3によれば，1つの直径階において，末口径が小さいほど，樹高と断面高の相関は高い。また，より大きな直径階において，この傾向は強いようである。

表－4 胸高直径と各末口径の断面高の相関係数

樹高＼末口径	4cm	8	12	16	本数
12 m	0.491	0.911	0.960	－	13
14	0.169	0.763	0.871	0.911	23
15	0.541	0.636	0.854	0.956	14

なお，胸高直径の範囲は，樹高階12mにおいて11.8～22.0cm，14mにおいて14.0～23.2cm，15mにおいて14.7～26.0cmである。表－4によれば，1つの樹高階において，末口径が大きいほど，胸高直径と断面高の相関は高い。

以上の結果から，末口径別に，断面高をY，胸高直径をx_1，樹高をx_2として，重回帰式

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

を想定し，各係数および重相関係数を算出した。

表－5 重回帰式の係数および重相関係数

末口径＼係数	b_0	b_1	b_2	重相関係数
4cm	－1.6091	0.0219	0.9675	0.996
8	－3.5695	0.1287	0.8465	0.988
12	－7.1947	0.4568	0.4467	0.966
16	－11.7792	0.6617	0.2358	0.973

なお，これらの係数は，信頼度95%において，すべて有意である。

さらに，各末口径の断面高の実測値と表－5による計算値を樹木別に組合せ，両者ともcm単位までの数値とする場合，および両者ともm単位未満を切捨てる整数の数値とする場合の，それぞれの差の平均値の有意差の検定をおこなった。

表－6 実測値と計算値の差の平均値の検定

	cm単位の数値		m単位の数値	
末口径	差の平均値	t	差の平均値	t
4cm	-0.034 m	0.841	0.07 m	0.505
8	0.037	0.531	－0.03	1.292
12	0.004	0.035	0.11	0.255
16	0.005	0.048	0.03	0.601

したがって，実測値と計算値が平均的には差のない数値を示している，とする帰無仮説は，この場合，どの末口径の断面高においても，棄却されないことになる。

4. 考察

幹材積の計算値が，GROSENBAUGH式の直径増加分およびKのすべての組合せにおいて，HOHENADL式より大きいのは，$d_{0.9}$よりも下部の断面高が$\Sigma x^2 L$および$\Sigma x L$を構成する要素として含まれていることに，原因の1つがあると考えられる。直径増加分が最小の2cmの場合と最大の6cmの場合とでは，区分の個数は，同一樹幹について，後者において前者の約$^1/_3$であり，1個の区分の長さは，相対的に長くなる。したがって，円錐体を想定する場合と放物線体を想定する場合の幹材積の差は，次第に大きくなる。利用材積の算出および立木状態での測定は，将来の課題としたい。

特定の末口径の断面高は，胸高直径および樹高の重回帰式によって，実用的な算出が可能である。末口径の小さい断面高ほど樹高の影響が大きく，逆に末口径の大きい断面高ほど胸高直径の影響が大きくなる。この傾向は，他の直径増加分の場合も共通的であろう。

参考文献

(1) GROSENBAUGH L. R. : U. S. Forest Serv., South. Forest Expt. Sta., Occas. Paper 134, 1954

(2) ENGHARDT H. G. : Forstw. Cbl. 97. 269－273, 1978

(3) SNEDECOR G. W. : Statistical Methods, 251, 1961